

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-236685

(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.Cl.

G11B 7/135  
 G11B 7/004  
 G11B 7/22  
 G11B 11/10  
 G11B 11/105  
 // G11B 5/02

(21)Application number : 2000-376777

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 12.12.2000

(72)Inventor : KAMIYANAGI KIICHI

(30)Priority

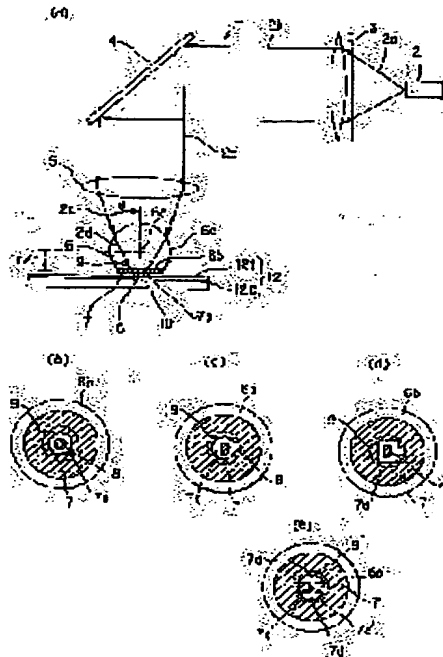
Priority number : 11354719 Priority date : 14.12.1999 Priority country : JP

## (54) OPTICAL HEAD, MAGNETO-OPTICAL HEAD, DISK DEVICE, AND MANUFACTURING METHOD OF OPTICAL HEAD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical head, a magneto-optical head, a disk device in which the optical use efficiency is high, the recording/reproducing can be performed at a high speed with high density to a recording medium, and the incorrect recording or incorrect reproduction can be prevented, and to provide a manufacturing method of the optical head.

**SOLUTION:** When convergence light 2c is made incident on incident plane 6a of the transparent medium 6 for condensing, refraction light 2d is condensed to a surface 6b to be condensed to form a light spot 9. The near field light leaks in opening 7a formed at the outside surface of the surface 6b to be condensed of the light spot 9, and is scattered by a minute metallic body 8. Furthermore, in the minute metallic body 8, plasmon resonance is generated by the laser beam irradiation, and the near field light 10 exudes from there. The near field light 10 turn into propagation light, and is made incident in the recording medium 121 of the disk 12. The recording to the recording medium 121 is made by the light.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

22.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-236685

(P2001-236685A)

(43)公開日 平成13年8月31日(2001.8.31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト*(参考)
G 1 1 B 7/135		G 1 1 B 7/135	Z 5 D 0 7 5
			A 5 D 0 9 0
7/004		7/004	Z 5 D 0 9 1
7/22		7/22	5 D 1 1 9
11/10	5 0 2	11/10	5 0 2 Z
審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 21 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2000-376777(P2000-376777)

(22)出願日 平成12年12月12日(2000. 12. 12)

(31)優先権主張番号 特願平11-354719

(32)優先日 平成11年12月14日(1999. 12. 14)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72)発明者 上柳 喜一

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74)代理人 100071526

弁理士 平田 忠雄

Fターム(参考) 5D075 AA03 CD17 CD18 CF00

5D090 AA01 CC16 FF11

5D091 CC24 DD03 HH20

5D119 AA10 AA22 AA24 AA43 BA01

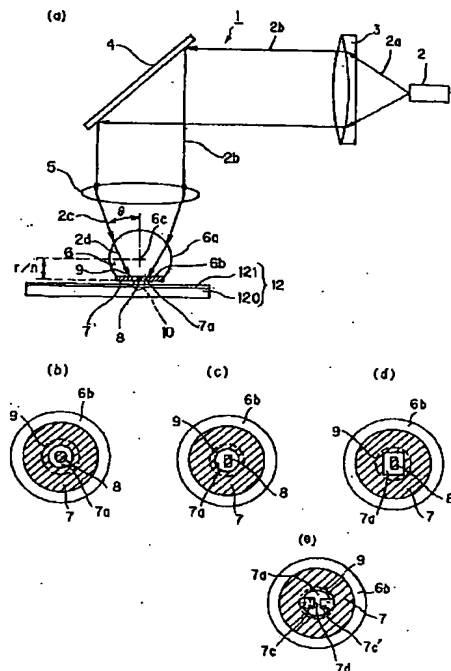
JA34 JA58

(54)【発明の名称】 光ヘッド、光磁気ヘッド、ディスク装置、および光ヘッドの製造方法

## (57)【要約】

【課題】 光利用効率が高く、記録媒体の高密度、高速の記録・再生を図ることができ、誤記録あるいは誤再生の防止が可能な光ヘッド、光磁気ヘッド、ディスク装置、および光ヘッドの製造方法を提供する。

【解決手段】 透明集光用媒体6の入射面6aに収束光2cが入射すると、その屈折光2dは被集光面6bに集光して光スポット9を形成する。この光スポット9の被集光面6bの外表面に形成された開口7aには、近接場光が染み出しており、それが微小金属体8により散乱される。また、微小金属体8においてもレーザ光照射によりプラズモン共鳴が発生し、そこから近接場光10が滲み出す。これらの近接場光10は、ディスク12の記録媒体121中に伝播光となって入射し、この光によって記録媒体121への記録がなされる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、前記遮光体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小なるサイズを有する微小金属体とを備えたことを特徴とする光ヘッド。

【請求項2】前記遮光体の前記開口は、円形あるいは矩形状の形状を有する構成の請求項1載の光ヘッド。

【請求項3】前記微小金属体は、円形、矩形あるいは楕円形の外形を有する構成の請求項1載の光ヘッド。

【請求項4】前記微小金属体は、前記遮光体の厚さより薄い厚さを有する構成の請求項1記載の光ヘッド。

【請求項5】前記遮光体は、前記開口の縁部に、前記光スポットを形成する前記レーザ光を前記開口側へ反射する傾斜面を有する構成の請求項1記載の光ヘッド。

【請求項6】前記透明集光用媒体は、前記微小金属体の周辺部に突部を有し、前記突部に、前記光スポットを形成する前記レーザ光を前記開口側へ反射する傾斜面を有する構成の請求項1記載の光ヘッド。

【請求項7】前記遮光体および前記微小金属体の底面は、前記透明集光用媒体の前記被集光面と同一平面をなす構成の請求項1記載の光ヘッド。

【請求項8】前記微小金属体は、前記透明集光用媒体の前記被集光面から突出して設けられてなる構成の請求項1記載の光ヘッド。

【請求項9】入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光金属体と、前記遮光金属体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小さく、前記光スポットより小なるサイズを有する微小金属体とを備え、前記遮光金属体および前記微小金属体は、前記レーザ光の前記透明集光用媒体中における波長の約 $1/2$ 以上の厚さを有することを特徴とする光ヘッド。

【請求項10】前記透明集光用媒体は、前記微小金属体の周囲を囲み、前記開口内に位置する凸部を備えた構成の請求項9記載の光ヘッド。

【請求項11】前記遮光金属体は、前記開口の縁部に、前記光スポットを形成する前記レーザ光を前記微小金属体側へ反射する傾斜面を有する構成の請求項9記載の光ヘッド。

【請求項12】前記微小金属体は、周辺部に、前記光スポットを形成する前記レーザ光を前記開口側へ反射する傾斜面を有する構成の請求項9記載の光ヘッド。

【請求項13】前記遮光金属体および前記微小金属体

は、前記光スポットを形成する前記レーザ光を出射するレーザの光共振器の一方のミラーを構成する請求項9記載の光ヘッド。

【請求項14】所定の偏光方向を有するレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、

前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、

少なくとも前記所定の偏光方向で対向する一対の凸部が、前記開口内に位置するように設けられた微小金属体とを備えたことを特徴とする光ヘッド。

【請求項15】前記遮光体と前記微小金属体は、金属膜により一体に形成されてなることを特徴とする請求項14記載の光ヘッド。

【請求項16】前記遮光体が有する前記開口は、前記光スポットのサイズよりも小さい略円形を有し、前記微小金属体の前記一対の凸部は、前記開口の前記略円形から内側に突出していることを特徴とする請求項14記載の光ヘッド。

【請求項17】入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、前記遮光体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小なるサイズを有する微小金属体と、前記微小金属体の底面と同一平面上に検出部を有する磁気抵抗センサとを備えたことを特徴とする光磁気ヘッド。

【請求項18】前記遮光体は、金属膜からなり、前記遮光体および前記微小金属体は、前記レーザ光の前記透明集光用媒体中における波長の約 $1/2$ 以上の厚さを有し、前記微小金属体は、前記光スポットより大なるサイズを有する構成の請求項17記載の光磁気ヘッド。

【請求項19】表面に記録媒体が形成されたディスクと、レーザ光を出射するレーザ光出射手段と、前記レーザ光出射手段からの前記レーザ光が被集光面に集光されて光スポットが形成される透明集光用媒体を有する光学系と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、前記遮光体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小なるサイズを有する微小金属体と、前記記録媒体に対して相対的に前記開口からの出射光を移動させる移動手段とを備えたことを特徴とするディスク装置。

【請求項20】表面に記録媒体が形成されたディスクと、  
 レーザ光を出射するレーザ光出射手段と、  
 前記レーザ光出射手段からの前記レーザ光が被集光面に集光されて光スポットが形成される透明集光用媒体を有する光学系と、  
 前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光金属体と、  
 前記遮光金属体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小さく、前記光スポットより小なるサイズを有する微小金属体と、  
 前記記録媒体に対して相対的に前記開口からの出射光を移動させる移動手段とを備え、  
 前記遮光金属体および前記微小金属体は、前記レーザ光の前記透明集光用媒体中における波長の約 $1/2$ 以上の厚さを有することを特徴とするディスク装置。

【請求項21】前記微小金属体は、長方形、楕円形等の細長形状の外形を有し、  
 前記移動手段は、前記細長形状の長軸が前記記録媒体の記録トラックに直交する方向に前記開口からの出射光をトラッキングさせる構成の請求項19あるいは20記載のディスク装置。

【請求項22】前記透明集光用媒体は、その側面両側に設けられた圧電素子によりトラック直交方向に走査されることにより、前記開口からの出射光をトラッキングさせる構成の請求項19あるいは20記載のディスク装置。

【請求項23】表面に記録媒体が形成されたディスクと、  
 所定の偏光方向を有するレーザ光を出射するレーザ光出射手段と、  
 前記レーザ光出射手段からの前記レーザ光が被集光面に集光されて光スポットが形成される透明集光用媒体を有する光学系と、  
 前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、  
 少なくとも前記所定の偏光方向で対向する一対の凸部が、前記開口内に位置するように設けられた微小金属体と、  
 前記記録媒体に対して相対的に前記開口からの出射光を移動させる移動手段とを備えたことを特徴とするディスク装置。

【請求項24】入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体を準備し、  
 前記透明集光用媒体の底面の前記光スポットのサイズより小なるサイズを有するドーナツ状の領域をホトレジストで覆い、前記透明集光用媒体の前記底面の前記ホトレ

ジストの存在しない領域を前記レーザ光の波長以下の所定の深さでエッチングによって除去することにより前記被集光面を底面とする凹部を形成し、  
 前記凹部に金属材料を堆積させて前記ドーナツ状の開口を有する金属体を形成することを特徴とする光ヘッドの製造方法。

【請求項25】前記金属体の前記開口の中心部に、集光イオンビーム(Focused Ion Beam)により金属材料を堆積することにより微小金属体を形成する工程を含む構成の請求項24記載の光ヘッドの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ヘッド、光磁気ヘッド、ディスク装置、および光ヘッドの製造方法に関し、特に、光利用効率が高く、記録媒体の高密度、高速の記録・再生を図ることができ、誤記録あるいは誤再生の防止が可能な光ヘッド、光磁気ヘッド、ディスク装置、および光ヘッドの製造方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年、光と磁界によって記録する光磁気ディスクあるいは磁気ディスクや、光のみによって記録する光ディスクの高記録密度化を図るため、記録あるいは再生に使用する近接場光の微小化が検討されている。

【0003】この微小化された近接場光を用いた従来のディスク装置として、例えば、USP5,883,872および特開平11-176007号公報、および文献「アプライドフィジックスレター(Applied Physics Letters) Vol. 65 (6)、1994、P. 658」に示されるものがある。

【0004】図20は、上記USP5,883,872および特開平11-176007号公報に示されたディスク装置を示す。このディスク装置1は、レーザ光を出射するレーザ光源2と、レーザ光源2から出射されたレーザ光を収束させる対物レンズ5と、対物レンズ5からの収束光を集光して底面の被集光面6bに光スポット9を形成するソリッドイマージョンレンズ(Solid Immersion Lens: SIL)6と、SIL6の被集光面6bの表面に設けられ、光スポット9より小さいサイズの微小開口7aを有する遮光体7と、微小開口7aを介してディスク12に照射された光による反射光とレーザ光源2からの出射光とを分離するビームスプリッタ13と、ビームスプリッタ13によって分離された反射光を検出する光検出器15とを有する。この開口7aは、遮光体7をSIL6の被集光面6bの表面全体に被着した後、収束イオンビーム(Focused Ion Beam)法を用いてミリングすることにより形成されている。このように構成されたディスク装置1において、レーザ光源2から出射されたレーザ光は、対物レンズ5により収束され、SIL6の被集光面6bに集光する。この開口7aのサイズは、光スポット9のサイズよりも十分小さいので、この開口7aが

らは、伝播光は殆ど放出されず、被集光面6bの開口7a部表面には、近接場光10が漏れ出すのみとなる。この近接場光10にディスク12の記録層を近付けると、この近接場光10は伝播光となって記録層に伝播し、情報の記録および再生が行われる。近接場光10のサイズは、開口7aのサイズで決まるので、SIL6のみの場合に比べて数分の一以下と言った微小なサイズの記録・再生光が得られ、これを記録に使用することにより記録密度を上げることが可能となる。

【0005】図21は、上記文献に示された近接場光顕微鏡を示す。この近接場光顕微鏡80は、プラズモン共鳴により光強度を増大した近接場光を微小物体の観測に用いたものであり、青色レーザ光83aを斜方向に射出するアルゴンイオンレーザ83と、アルゴンイオンレーザ83から射出された青色レーザ光83aを底面の被集光面81aの中心部に集光する半球形レンズ(SIL)81と、半球形レンズ81の平面部表面81aの中心部に被着された30nm径のAgからなる微小金属球82と、光ディスク125からの反射光87を対物レンズ88を介して検出するフォトマルチプライア(PM)89とを有する。このように構成された近接場光顕微鏡80において、アルゴンイオンレーザ83からの青色レーザ光83aを半球形レンズ81の平面部表面81bにおいて全反射するように斜方向から半球形レンズ81の半球状の入射面81aに入射させ、微小金属球82の位置に集光して照射し、それによって微小金属球82にプラズモン共鳴を生じさせ、そこから発生する近接場光84を光ディスク125の記録膜86に入射させる。そして、記録膜86からの反射光87を半球形レンズ80上の対物レンズ88によりPM89に集光し、検出する。また、光ディスク125をピエゾ素子でX-Y方向に走査し、それと同期してPM89の出力信号をモニタテレビ(図示せず)の輝度信号に入力することにより、記録膜86の記録マークの画像表示を行っている。この装置は、近接場光顕微鏡であるが、光記録に使用することも可能である。半球形レンズ81のみの場合に比べて数分の一以下の微小サイズの近接場光84が得られ、これを記録に使用することにより記録密度を上げることが可能となる。また、励起されたプラズモンから近接場光を効率よく発生する方式として、例えば、文献「T. Matsumoto, et al., The 6th Int. Conf. on Near Field Optics and Related Techs. (2000), No. Mo013」に示されたシミュレーション結果がある。図22は、その文献に示された方式を示す。この方式は、2個の微小金属体91, 91'を対峙させた構造を有し、両者の先端部91a, 91a'およびギャップ92の幅は、20nm程度と入射光93aのスポット93b径よりも大幅に小さく形成されている。また、入射光の偏光方向94は、ギャップ92を横切る方向に整

えられている。このような構造により、微小金属体91, 91'で励起されるプラズモンは、偏光方向94に振動し、その先端部91a, 91a'に発生する電荷の極性が逆となるため、両者間でダイポールが形成され、効率よく近接場光を発生することが可能となる。また、近接場光のサイズは、ギャップ92と同程度となるため、強力で微細な近接場光を形成することが可能となる。しかし、シミュレーション結果では、ギャップ92部のみから光が放出され、このダイポールの形成により、放射される光の強度は入射光の強度の2300倍に増強されたとある。また、マイクロ波を用いたダイポールアンテナによる実験例(R. D. Grober et al., Appl. Phys. Lett. Vol. 7, No. 11, (1997) p. 1354)でも、マイクロ波放射はアンテナのギャップ部のみに集中するとある。これは、金属のアンテナの導電率が十分高いため、このアンテナに強いダイポールが形成されるとともに、アンテナが入射マイクロ波に対して強いシールド効果を有するためである。しかし、可視光の場合(図22)、アンテナ、すなわち微小金属体91, 91'の厚さは100nm程度かそれ以下と薄いため、実際には可視光の波長での導電率を十分高く取ることができない。そのため、アンテナとしての増幅率、すなわちダイポールの強度は入射光に対して十分なシールド効果を及ぼすに至らず、かつ、入射光93aのスポット93b径は微小金属体91, 91'に比べて大幅に大きいため、入射光93aの大半は、微小金属体91, 91'とカップルせず透過される。従って、このような構成により発生した、強力で微細な近接場光を、光記録に使用することを想定した場合、この入射光93aの透過した部分93cが、記録媒体を照射するため、それによって記録媒体が熱記録され、微細な記録マークを形成することができない。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図20に示された従来のディスク装置によると、記録・再生に寄与する光は、微小開口7aから染み出す近接場光10のみであり、被集光面6bに集光されたレーザ光の大半は反射される。遮光体7がレーザ光を十分遮光するためには、通常数十nmの厚さが必要である。近接場光の染み出し長さは、一般に開口径と同程度であり、従って開口7aの径を50nm程度に絞ると、開口7aの径と深さが同程度となる。これらの理由から、ディスク12の記録層を開口7aに近接させても、記録層に入射する近接場光は被集光面6bに集光されたレーザ光に比べて僅かなものとなり、また、光利用効率が低く、記録・再生の転送レートを上げられないという問題がある。特に再生時には、再びディスク12からの反射光を微小開口7aを通して検出器15に入射させる必要があが、反射光は等方的に拡散するので広がり角が大きく、この微小開口7a

に戻る割合は低い。また、レーザ光の強度を上げると、遮光体7で吸収されるレーザ光が増加し、遮光体7が加熱・熔融することになり、結局は、高密度・高速の記録再生は、達成できないという問題がある。

【0007】また、図21に示された従来の近接場光顕微鏡を光ディスクの記録に利用しようとする、以下の問題がある。すなわち、本近接場光顕微鏡では、プラズモン共鳴を生じさせるために、被集光面81bにおいて全反射させる必要から、レーザ光83aを斜めから半球形レンズ81に入射している。本従来例で得られたスポット径は $10\mu\text{m}$ であり、微小金属体82の径 $30\text{nm}$ の3千倍以上である。この光スポットの微小金属体82を照射した部分の光のみがプラズモン励起に寄与する訳であり、光利用効率はこの場合も極めて低い。従って再生光の検出に大型のフォトマルが必要となるという問題がある。また、上記被集光面81bの光スポット位置からは、近接場光が染み出しており、この光の方が、微小金属体82で励起されたプラズモンから発生する近接場光よりもはるかに強くなり、この光により誤って記録ないし再生されるという問題がある。また、後藤等（第73回微小光学合同研究会資料第27頁～第33頁）は、面発光レーザの出力部先端に、直接テーパ導光部と更にその先端に超微小の同軸型テーパ導波路を備えた超微小開口を有する記録ヘッドを提案している。しかしながら、同軸部分以前のテーパ面で全反射した成分だけが同軸部分の中心に到達し、それ以外はカットさせることでビームを絞るように構成されているため、到達したビームの光量分布は、中心部自体の光量が少ないだけでなく、裾野の部分の光量はさらに弱く、ビーム径が必然的に小さくなってしまふ。従って、同軸部分にビームが入射する段になると、ほとんどは中心導体先端で蹴られてしまい、残りの弱い光のみが周辺から漏れ出して伝播光として用いられるに過ぎないため、転送レートを上げるのは困難と推測される。

【0008】従って、本発明の目的は、光利用効率が高く、記録媒体の高密度、高速の記録・再生を図ることができ、誤記録あるいは誤再生の防止が可能な光ヘッド、光磁気ヘッド、ディスク装置、および光ヘッドの製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、上記目的を達成するため、入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光体と、前記遮光体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小なるサイズを有する微小金属体とを備えたことを特徴とする光ヘッドを提供する。上記構成によれば、透明集光用媒体の媒体側から集光することにより、集光スポットは透明集光媒体の屈折

率の逆数に比例して微小化されるため、高効率で、かつ、大気中での集光に比べて微小な光スポットが得られる。その集光されたレーザ光を微小金属体を中心に有する開口部に照射することにより、光利用効率の高い記録再生が可能となる。すなわち、本発明は、透明集光用媒体の被集光面の表面に形成された近接場光の、微小金属体による散乱と、微小金属体における表面プラズモン励起により強められた近接場光を利用するものである。これらの表面プラズモン励起により得られた近接場光を記録媒体に近付けると、その近接場光は記録媒体内に入射して伝播光となり、光利用効率のよい記録再生を可能とする。また、この近接場光の広がり、微小金属体のサイズ程度となるため、微小金属体を微細化することにより、記録マークのサイズも微細化でき、高密度記録が可能となる。そして本発明においては、開口より外側に集光された部分のレーザ光は、遮光体によって遮光され、記録媒体に入射しないため、それによる誤記録あるいは誤再生を防止できる。さらに、再生時には、ディスクからの反射光を、中心部の微小金属体の周囲にあたる比較的大きなドーナツ状の開口部分から入射させられるため、効率よく反射光を取り込むことも可能となる。次に、第2の発明は、上記目的を達成するため、入射したレーザ光を集光して光スポットが形成される被集光面を有する透明集光用媒体と、前記透明集光用媒体の前記被集光面側の面に設けられ、前記光スポットのサイズより小なる開口を前記光スポットの形成位置に有する遮光金属体と、前記遮光金属体の前記開口の中心に設けられ、前記開口より小さく、前記光スポットより小なるサイズを有する微小金属体とを備え、前記遮光金属体および前記微小金属体は、前記レーザ光の前記透明集光用媒体中における波長の約 $1/2$ 以上の厚さを有することを特徴とする光ヘッドを提供する。第2の発明は、開口からの伝播光を記録再生に効率的に利用できる点に特徴がある。まず被集光面で集光されて高い強度を有する光スポットが、同軸構造を有する開口部に照射される。即ち、遮光体を金属で構成し、比較的厚く、すなわち、媒体内のレーザ光の波長の $1/2$ 程度か、それより厚くすることにより、その付近のレーザ光は電界と磁界が遮光金属体と平行方向で伝播方向の成分を有しないモード、すなわち、TEM (Transverse Electromagnetic) 波となる。このモードの波は、カットオフ波長がなく、波長以下の狭いドーナツ状開口を通して、原理的には損失なく伝播することが可能となる。そして、同軸構造部分に光が入射するときに、光学的に集光させた光スポットのスポット径は微小金属体のサイズよりも大きく、また光量分布も広いため、同軸構造部分に十分な量の光を供給することができる。このため、高い強度を有する光スポットを、効率よくスポットサイズの小さいレーザ光として微小開口から取り出すことができ、効率のよい高転送レートの記録再生が可能となる。そして、記録マークのサイ

ズを微細化でき、高密度記録が可能となる。なお、本発明における微小金属体のサイズとは、光が微小金属体に入射するときの、光の進行方向に垂直な断面の面積を指すものであり、これは微小金属体の形状が円柱状に限らず、多角形や三次元構造でもよいための用いるものである。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】図1(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る光ヘッド1の主要部を示す。この光ヘッド1は、レーザビーム2aを出射する半導体レーザ2と、半導体レーザ2からのレーザビーム2aを平行ビーム2bに整形するコリメータレンズ3と、コリメータレンズ3からの平行ビーム2bを垂直方向に反射するミラー4と、ミラー4で反射した平行ビーム2bを収束させる対物レンズ5と、対物レンズ5により収束された光2cが入射し、被集光面6bに光スポット9を形成する透明集光用媒体6と、透明集光用媒体6の被集光面6bの表面に、光スポット9よりも小さいサイズの開口7aを有する金属からなる遮光体7と、開口7aの中央に設けられた微小金属体8とを有する。開口7aと微小金属体8からドーナツ状開口部を形成する。

【0011】半導体レーザ2には、赤色レーザ(630nm)や現在開発中のAlGaInN系の青色レーザ(400nm)を用いることができる。青色レーザ(400nm)を用いることにより、光スポット径を0.13μm以下にすることができ、開口7aを照射する光の割合を増すことができる。また、半導体レーザ2には、レーザ用半導体のヘキ開面を光共振器に使用し、活性層

$$D_{1/2} = k\lambda / (n \cdot NA_i) = k\lambda / (n^2 \cdot NA_o) \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 $D_{1/2}$ ：光強度が1/2となるところのスポット径

$k$ ：光ビームの強度分布に依存する比例常数(通常0.5程度)

$\lambda$ ：光ビームの波長

$n$ ：透明集光用媒体6の屈折率

$NA_i$ ：透明集光用媒体6内部での開口数

$NA_o$ ：透明集光用媒体6への入射光の開口数

【0014】光スポット9は、式(1)に示すように、

$$D_{1/2min} = k\lambda / (0.8n) \approx 0.6\lambda / n \quad (k=0.5の時) \quad \dots (2)$$

【0015】従って、透明集光用媒体6として非結晶としては最も大きな屈折率を有する重フリントガラス(屈折率=1.91)を用い、半導体レーザ2に赤色レーザ(波長630nm)を使用した場合、最小光スポット径 $D_{1/2min}$ は0.20μmとなる。また、青色レーザ(400nm)を用いた場合は、最小光スポット径 $D_{1/2min}$ は約0.13μmとなる。また、それらの光スポット9は、ほぼガウス型の強度の広がり分布を有する。

【0016】図1(b)～(e)は、遮光体7および微小金属体8の平面形状を示す。遮光体7の開口7aの形

に平行に発振する、いわゆる端面発光型半導体レーザや、活性層に平行に形成した共振器により、活性層の垂直方向に発振する、いわゆる面発光型半導体レーザを用いることができる。端面発光型半導体レーザを用いた場合は、ビーム広がり角が大きいので、コリメータレンズ3との距離を狭めることができ、光ヘッドの小型化が可能となる。また、面発光型半導体レーザを用いた場合は、出力ビームが円形であるため、コリメータレンズ3でのけられを少なくして集光することができ、光利用効率を上げることができる。

【0012】透明集光用媒体6は、重フリントガラス(屈折率=1.91)や硫化カドミウムCdS(屈折率2.5)、閃亜鉛鉱ZnS(屈折率2.37)等の結晶性材料を用いることができ、また、屈折率は1より大きければ上限はなく、さらに高い屈折率の材料を用いることもできる。本実施の形態では、屈折率1.91の重フリントガラスを用いる。結晶性材料を用いることにより、光スポット径を重フリントガラスより2割以上縮小できる。また、透明集光用媒体6は、図2(a)に示すように、球面状の入射面6aに入射した対物レンズ5からの収束光2cを入射面6aで屈折させ、その屈折光2dを底面の被集光面6bの微小金属体8に集光されるように裁地球状(Super SIL構造)を有している。

【0013】光スポット9のスポット径は、球面の中心6cから $r/n$ ( $r$ 、 $n$ はそれぞれ透明集光用媒体6の半径と屈折率)の位置に集光させる場合、次式(1)で表される。

透明集光用媒体6の屈折率 $n$ に逆比例して微小化され、球面収差の小さな集光が可能となる。しかし、収束光2cの取り得る入射角 $\theta$ 、すなわち開口数 $NA_o$ と屈折率 $n$ には相反関係があり、両者を独立に大きくできる訳ではない。屈折率 $n$ と $NA$ の最大値との積は約0.88であり、光線のけられを考慮すると実際には0.8程度以下となる。従って、最小光スポット径 $D_{1/2min}$ は次式(2)のようになる。

状は、本実施の形態では、図2(b)、(c)に示すように円形であるが、図2(d)に示すように、光スポット9の径よりも小さな矩形状、あるいは他の形状、例えば楕円形でもよい。また、微小金属体8の形状は、本実施の形態では、図2(b)に示すように円形であるが、図2(c)、(d)に示すように、矩形状あるいは楕円形でもよい。ホトリソグラフィを用いた加工においては、微小金属体8が円形の場合は、加工し易く有利となり、また、トラック方向に直交する方向を長辺とする長方形状とすることにより、トラック方向に広がる近接場

光のサイズを小さくできるので、円形と比較して記録マークのトラック方向の長さが短くなり、高記録密度化が可能になる。微小金属体8がトラック方向に直交する方向に平行な楕円軸を有する楕円形の場合は、記録マークのトラック方向の長さが短くなるとともに、プラズモン共鳴による近接場光の発生が増強されるため、低入力化が可能となる。本実施の形態では、遮光体7の開口7aの径を $0.1\mu\text{m}$ 、微小金属体8の外径を $50\text{nm}$ とした。開口7aから染み出す近接場光10のサイズは、ほぼ微小金属体8のサイズで決まる。なお、微小金属体8のサイズは、光ディスクの高記録密度化技術および遮光体形成技術の進展に応じて $50\text{nm}$ より小さくしてもよい。また、同図(e)に示すように、光スポット9の径よりも小さな開口7aを有し、さらに開口7aの縁から内側に向うように微小金属体の一対の凸部としての対向縁部7c、7c'を設けてスリット状のギャップ7dを形成した遮光体7を使用してもよい。この開口7aの短手方向の間隔、すなわちギャップ7dに収束ビーム2dの偏光方向がギャップ7dを横切るように、収束ビーム2dを照射すると、同図に示すように、プラズモン励起によりギャップ7dの対向縁部7c、7c'に誘起される電荷の極性が逆となるため、この間にダイポールが形成され、この遮光体7がアンテナとして作用し、強力な近接場光が発生される。この構成により、プラズモン励起は、ギャップ7dの両側の対向縁部7c、7c'に限定されるため、発生する近接場光のトラック垂直方向のサイズも微細化することができ、より微小な記録マークの形成が可能となる。

【0017】図2(a)～(d)は、遮光体7および微小金属体8の断面形状を示す。微小金属体8は、遮光体7よりも薄い厚さを有する。例えば、遮光体7の厚さを $50\text{nm}$ としたとき、微小金属体8の厚さを $20\text{nm}$ 程度とする。遮光体7の厚さを厚くすることにより、その

$$Re[Em(a)] = -2 \cdot E(a)$$

ここに、 $Em(a)$ は微小金属体8の誘電率、 $Ed(a)$ は微小金属体8を取り巻く媒体の誘電率である。この式から分かるように、外側の媒体が空気の場合、微小金属体8の誘電率は $-2$ のとき、共鳴条件を満たす。この条件において近接場光の強度は数桁増大し、また、この条件の周辺においても一桁以上の増強効果が得られる。

【0019】遮光体7は、必ずしも金属でなくてもよく、誘電体多層膜からなる反射膜でもよい。但し、この場合には、遮光効率を十分高めるために、金属の場合よりも膜厚を厚くする必要がある。

【0020】図3(a)～(d)は、遮光体7および微小金属体8の一括形成工程を示す。まず、裁底球状の透明集光用媒体の底面6dに電子ビーム露光用のフォトリソ膜を塗布し、同図(a)に示すように、ドーナツ状開口部に対応するフォトリソ膜の部分70a、および遮光体7の周囲に対応するフォトリソ膜の部分

部分における近接場光の発生を低減することができ、微小金属体8を薄くすることにより、プラズモンを励起し、効率良く近接場光を記録媒体側に発生させることができる。また、遮光体7および微小金属体8は、同図(a)に示すように、透明集光用媒体の底面6dより内部に埋め込んでよく、被集光面6bの外側に突出するように形成してもよい。また、同図(b)に示すように、遮光体7を内部に埋め込み、微小金属体8を底面6dの外側に突出するように形成してもよい。遮光体7あるいは微小金属体8を内部に埋め込む場合は、遮光体7あるいは微小金属体8の表面が透明集光用媒体6の底面6dと同一面となる位置か、底面6dより内側の位置となるように形成するとよい。これにより、遮光体7および微小金属体8の記録媒体121との接触を防ぐことができる。また、遮光体7の開口7aの縁部7bは、同図(a)～(d)に示すように、傾斜面としてもよい。これにより、収束光2fを2gの方向に反射させ、効率良く微小金属体8に照射することができる。透明集光用媒体6の微小金属体8近傍部分6eを同図(c)、(d)に示すように、テーパ形とすることにより、さらに集光効率を上げることができる。テーパ形の斜面は、同図(c)に示すように遮光膜7で覆ってもよく、同図(d)に示すように、覆わなくてもよい。

【0018】微小金属体8は、金属であれば何でも可能であるが、透明集光用媒体6との被着性のよいもの、例えば、チタン(Ti)等の金属や、プラズモン共鳴励起の生じ易さ等で選択される。特に、金属Agのように誘電率が小さい金属を使用することにより、プラズモン共鳴の条件により近づけることができる。プラズモン共鳴の条件は、一次のモード励起の場合、次式(2)のように示される(近接場ナノフォトニクスハンドブック：オプトロニクス社、1997、P. 177)。

$$\dots\dots (3)$$

70bを残すようにフォトリソ膜に電子ビームにより露光し、現像した後、同図(b)に示すように、底面6dをドライエッチングにより約 $50\text{nm}$ 異方性にエッチングし、遮光体7の被着面である被集光面6bを形成する。エッチングガスとしてはCF<sub>4</sub>系のガスを使用する。次に、同図(c)に示すように、全面に遮光体7および微小金属体8用のTi膜71をスパッタリングにより約 $50\text{nm}$ 被着した後、フォトリソ膜70(70a、70b)を溶解することにより、同図(d)に示すように、遮光体7および微小金属体8以外の部分のTi膜71をリフトオフする。このようにして遮光体7および微小金属体8が一括形成される。なお、Ti膜は、ガラスとの優れた被着性を有する他の膜でもよい。また、遮光体7や特に微小金属体8の被着には、収束イオンビーム法を用いてもよい。これによりリフトオフ工程を不要とすることができる。また、上記作製法を用いること

により、比較的自由に遮光体7および微小金属体8の形状を整えることが可能となる。

【0021】なお、本形態の方法のように透明集光用媒体の底面6dに埋め込むように遮光体7および微小金属体8を形成すると、底面6dとの凹凸が小さくなるため、記録媒体121上を浮上走行させるのに好適である。また、遮光体7および微小金属体8を被集光面6bの外側に突出するように形成した場合は、収束イオンビーム法のみによって遮光体7および微小金属体8の形成が可能となり、プロセスを大幅に簡素化できる。また、被集光面6bと記録媒体121との距離を離せるため、微小金属体8周囲の光スポット9からの伝播光と記録媒体121との相互作用が減少するため、微小金属体8の外側の記録媒体121に記録再生を行うことが防止でき、記録密度を増大できるとともに、信号のSN比が向上する。

【0022】次に、上記第1の実施の形態に係る光ヘッド1の動作を説明する。半導体レーザ2からレーザビーム2aを出射すると、そのレーザビーム2aはコリメータレンズ3によって平行ビーム2bに整形され、ミラー4で反射された後、対物レンズ5によって収束され、透明集光用媒体6の入射面6aに入射する。入射面6aに入射した収束光2cは、入射面6aで屈折し、その屈折光2dは被集光面6bに集光し、被集光面6bに光スポット9が形成される。この光スポット9の被集光面6bの外表面に開口7aと微小金属体8との間、すなわちドーナツ状開口部には、近接場光が染み出しており、それが微小金属体8により散乱される。また、微小金属体8においてもレーザ光の照射によりプラズモンが励起され、そこから近接場光10が滲み出す。これらの近接場光10は、ディスク12の記録媒体121中に伝播光となって入射し、この光によって記録媒体121への記録がなされる。また、再生時には、記録媒体121からの反射光が開口7aを通して透明集光用媒体6に戻り、検出光学系に導かれて、再生信号処理がなされる。

【0023】上記第1の実施の形態に係る光ヘッド1によれば、ドーナツ状開口部から染み出す近接場光10のサイズは、微小金属体8のサイズと程度となるため、開口のみの場合に比べて近接場光10のサイズを大幅に狭めることができる。また、プラズモン共鳴を用いることにより、近接場光の強度を単に被集光面の光スポットから染み出させた場合に比べて一桁以上強くできるため、高い光利用効率を得られる。従って、数ミリワットの比較的低出力の半導体レーザ2が光源として使用できる。また、再生時の記録媒体121からの反射光は、微小金属体8のサイズに比べて比較的大きな開口7aを通して透明集光用媒体6内に入射するため、再生光を効率良く検出することが可能となり、再生信号のS/Nを上げることができる。この結果、従来、光ディスクメモリに常用されているSi光検出器が使用でき、ホトマルを使用

しなくて済むので、光ヘッド1が小型・軽量化できるとともに、高速度の読み出しが可能となる。また、遮光体7により、光スポット9の周辺部から記録媒体121に入射する光を遮光できるため、光ヘッド1の各光学系のずれや熱膨張等による光スポットの位置や径の変動が記録に影響を与えるのを防ぐことができ、光ヘッドの製作条件が大幅に緩和される。また、単独の金属体にレーザ光を照射して近接場光を得る場合に比べて、記録再生時に余分な光が記録媒体に入射するのを低減できる。なお、ドーナツ状開口部の被集光面6bの表面に、使用するレーザ光の波長に合わせた反射防止膜（図示せず）を形成してもよく、これによりさらに信号再生用反射光の透明集光用媒体6への入射効率を上げることができる。また、透明集光用媒体に入射する前のレーザビーム2aないし平行ビーム2bの光路中に、少なくともレーザビームの中心部を遮光するように、円形あるいは矩形状の遮光板（図示せず）を挿入してもよい。このように構成することにより、被集光面6bに集光するレーザ光は、被集光面6bにおいて全反射され、開口7aから伝播する成分はなくなるため、微小金属体8に比べてサイズの大きな開口部からの光が記録再生に影響を与え、誤記録・誤再生を引き起こすことを抑えることができる。

【0024】図4は、本発明の第2の実施の形態に係る光ヘッドのドーナツ状開口部を示す。本実施の形態では、ドーナツ状開口部の構造は、近接場光よりもむしろ伝播光を発生するのに適した同軸構造とし、それ以外は第1の実施の形態と同様である。伝播光を発生させる場合は、同図に示すように、金属からなる遮光体7および微小金属体8の厚さは、媒体6内のレーザ光の波長の1/2程度以上となるように厚くする。これによって、この付近に収束したレーザ光2dの電界と磁界のベクトルは、進行方向の成分が減少し、金属体（遮光体7および微小金属体8）と同一平面内の成分がほとんどとなり、TEM波状となる。このモードの電磁波には、同軸ケーブルを伝播するモードのようにカットオフ波長がなく、波長以下の狭い開口7aを通り抜けて伝播することができる。このため、ドーナツ状開口部の外径、すなわち、周辺の遮光体7に設けられた開口7aの直径を50nm程度と小さくしても、効率良く伝播光が取り出せ、高密度の記録再生が可能となる。青色レーザは重フリントガラスの透明集光媒体6中では波長が約200nmとなる。そこで、本実施の形態においては、光源として波長400nmの青色レーザを用い、遮光体7として開口7a径が50nmのAg薄膜を100nm被着する。金属体である遮光体7および微小金属体8の断面は、同図(b)、(c)に示すように、テーパ面7b、8aを設けてもよく、また、同図(d)に示すように、ドーナツ開口部全体をテーパ形にしてもよく、さらに、図示は省略するが、同図(b)～(d)においてテーパ面7b、8aの出射側を円筒形としてもよい。これらによ

り、さらに集光効率を高めることができる。また、図4に示されているように、開口内では透明集光用媒体6の一部が微小金属体8を取り囲んでおり、透明集光用媒体6の被集光面6b側には遮光体7と微小金属体8が構成されている。必ずしも被集光面6b側で透明集光媒体6、遮光体7および微小金属体8が平坦になるようにしなくてもよいが、これらを平坦に形成したほうが、伝播光の伝播効率が向上する。微小金属体7bのサイズは、集光された光スポットの入射箇所において、光スポットサイズよりも小さいサイズを持たせる必要がある。さらに伝播効率を上げるには、光スポット径は開口サイズ以上にしたほうがよい。ドーナツ開口部の外形の1/3前後とした場合、光損失は最も少なくなる。すなわち、ドーナツ開口部の外形を50nmとした場合、微小金属体7bのサイズは16nm前後にすればよく、本実施例においては20nmとする。このようにして、第1の実施の形態と同様に、開口7aから出射する光は50nmと微小サイズでありながら伝播光を取り出しているため、効率よく光強度の高い光を得ることができ、効率のよい

$$D1/2 = k\lambda / (n \cdot NA_o)$$

ここに、 $NA_o$ ：SIL型の透明集光用媒体6への入射光の開口数

【0026】上記第3の実施の形態に係る光ヘッド1によれば、第1の実施の形態と同様に、近接場光10の直径は微小金属体8のサイズで決まり、光スポット9の直径に依存しないので、収差や位置ずれ等の影響は少ないため、 $NA_o$ は0.8と従来のSILを用いた光ヘッドに比べて比較的大きくでき、第1の実施の形態のSuper SIL構造と同等の集光が可能となる。

【0027】図6は、本発明の第4の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す。この光ヘッド1は、同図(a)に示すように、レーザービーム2aを出射する半導体レーザー2と、半導体レーザー2からのレーザービーム2aを平行ビーム2bに整形するコリメータレンズ3と、コリメータレンズ3からの平行ビーム2bを集光し、被集

$$y^2 = 4px$$

また、回転放物面を用いて透明集光用媒体6の内部で集光する場合、原理的に無収差の集光が可能であり（光学：久保田広、岩波書店、P. 283）、単一の集光性の反射体で光スポット9を集光することが可能になる。また、この方式では、透明集光用媒体6の屈折率と反射

$$D1/2 = k\lambda / (n \cdot NA_r)$$

ここに、 $NA_r$ ：反射面6eの反射光の開口数

回転放物面の焦点位置のpを0.125mmとし、回転放物面の上端を(x, y) = (2mm, 1mm)とすると、この上端からの収束角は60度以上が得られ、この反射面6eのNAは0.98となり、従来のDVDにおけるNA=0.6の1.6倍以上に大きくなる。

高密度の記録再生が可能となる。また、本実施の形態では、ドーナツ状開口から伝播光を効率よく取り出し、記録媒体に入射できるため、記録媒体と光ヘッド光学系との結合が強いので、この記録媒体乃至遮光体7および微小金属体8を半導体レーザーの光共振器用のミラーの一方として使用し、半導体レーザーの自己結合効果を用いる、いわゆるSCOOP型の再生信号検出を行ってもよい。

【0025】図5は、本発明の第3の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す。この光ヘッド1は、透明集光用媒体6を半球状（Solid Immersion Lens：SIL型）にしたものであり、他は第1の実施の形態と同様に構成されている。透明集光用媒体6の入射面6aに入射した収束光2cは、球面の中心に集光する。この場合、収束光2cは入射面6aにおいて屈折しないため、透明集光用媒体6中での開口数NAは、対物レンズ5の出射時のNAと変わらず、屈折によってNAを増大することはできない。従って、この場合の光スポット径は次式(4)のようになる。

$$\dots\dots (4)$$

光面6bに光スポット9を形成する透明集光用媒体6と、透明集光用媒体6の反射面6eの表面に被着形成された反射膜11とを有する。そして、透明集光用媒体6の被集光面6bの表面には、第1あるいは第2の実施の形態と同様に、開口7aを有する遮光体7、および微小金属体8が設けられている。

【0028】透明集光用媒体6は、例えば、重フリントガラス（屈折率1.91）からなり、平行ビーム2bが入射する入射面6aと、入射面6aに入射した平行ビーム2bを反射させる反射面6eと、光スポット9が形成される被集光面6bとを有する。反射面6eは、回転放物面の一部を用いている。回転放物面の断面(6e)の主軸をx軸に、垂直軸をy軸に採り、焦点位置を(p, 0)とすると、断面(6e)は、次の式(5)で表される。

$$\dots\dots (5)$$

面6eによる集光の開口数NAに限定がなく、屈折率が高い場合でも、NAは1に近い値を採り得る。従って、この場合の光スポット径は次式(6)のように与えられる。

$$\dots\dots (6)$$

【0029】上記第4の実施の形態に係る光ヘッド1によれば、 $NA_r$ は、実際には設計余裕を見るため、0.9程度が限界であるが、赤色レーザー（波長630nm）と青色レーザー（400nm）を用いた場合、それぞれ光スポット径として0.19μm、0.12μmまで絞ることができ、微小金属体8から滲み出す近接場光10の

光量すなわち光利用効率は第1の実施の形態に比べて約20%程度増加させることができる。また、反射型の集光のため、色収差が生じない。また、本実施の形態の光学系は、いわゆる無限系、すなわちコリメータレンズ3と透明集光用媒体6の入射面6aとの間のレーザービーム2bは平行となっているため、温度変動に対する焦点位置ずれが小さい。また、透明集光用媒体6の反射面6eは、回転放物面を用いているため、平行光ビーム2bと透明集光用媒体6の相対位置がずれても、光スポットの位置が変動しないため、それぞれの位置合わせ精度が大幅に緩和でき、製作上非常に有利である。

【0030】図7は、本発明の第5の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す。この光ヘッド1は、平面状の反射面6eを有する透明集光用媒体6を用い、反射面6eの表面に反射膜11として反射型ホログラムを用いたものであり、他は第4の実施の形態と同様に構成されている。反射型ホログラムとしては、凹凸型のバイナリホログラムでも有機感光材料等からなるポリウムホログラムでもよい。また、これらのホログラムの外側にアルミニウム等の高反射金属層からなる反射膜を被着してもよい。透明集光用媒体6の反射面6eを平面状とすることにより、第4の実施の形態と比較して生産性を上げることができる。

【0031】図8は、本発明の第6の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す。この光ヘッド1は、同図(a)に示すように、透明集光用媒体6にSIM(Solid Immersion Mirror)型と称せられているものを用いたものであり、レーザービーム2aを出射する半導体レーザー2と、半導体レーザー2からのレーザービーム2aを平行ビーム2bに整形するコリメータレンズ3と、コリメータレンズ3からの平行ビーム2bを垂直方向に反射するミラー4と、ミラー4からの平行ビーム2bが入射する凹球面状の入射面6a、入射面6aに対向する位置に設けられた被集光面6b、および入射面6aの周囲に形成された非球面状の反射面6eを有する透明集光用媒体6と、透明集光用媒体6の反射面6eの表面に被着形成された反射膜11とを有する。そして、透明集光用媒体6の被集光面6bの表面には、第1あるいは第2の実施の形態と同様に、開口7aを有する遮光体7、および微小金属体8が設けられている。

【0032】次に、第6の実施の形態に係る光ヘッド1の動作を説明する。半導体レーザー2からレーザービーム2aを出射すると、そのレーザービーム2aはコリメータレンズ3によって整形され、ミラー4で反射された後、透明集光用媒体6の入射面6aに入射する。入射面6aに入射した平行ビーム2bは、入射面6aで拡散され、その拡散光2dは、遮光体7で反射し、その反射光2eは、反射膜11で反射して被集光面6bに集光し、被集光面6bに光スポット9が形成され、微小金属体8から近接場光10が滲み出す。微小金属体8から滲み出した

近接場光10は、ディスク12の記録媒体121中に入射し、この光によって記録媒体121への記録および読み出しが可能になる。

【0033】上記第6の実施の形態に係る光ヘッド1によれば、第1の実施の形態と同様に、トラック方向Xの記録密度を増大させることができるとともに、第1の実施の形態で用いた対物レンズが不要であるので、構成の簡素化が図れる。また、透明集光用媒体6が膨張あるいは収縮しても集光点が変化しないので、温度変化にも対応できる。

【0034】図9は、本発明の第7の実施の形態に係る光磁気ヘッドを示す。本実施の形態は、光アシスト磁気記録に適した光磁気ヘッドであり、本実施の形態においては、再生には、主にスピバルブ膜18aと電極18bから構成されるGMR(Giant Magneto-resistive)センサ18を、記録には、レーザー光10の他に電磁石17とを使用している点が第4の実施の形態と異なり、他は第4の実施の形態と同様に構成されている。このような構成により、微小金属体8から染み出す近接場光10を磁気記録媒体121の記録部に照射して記録部を加熱することにより保磁力を低下させ、電磁石17により印加される変調磁界とにより、磁性記録媒体121に記録する。磁気記録媒体121としては、通常のCo-Cr-Ta等の面内記録膜や垂直記録膜、TbDyFeCo/TbFeCo等の光磁気記録膜等が使用できる。また、第2の実施の形態の光ヘッドに用いた遮光金属体7と微小金属体8を用いることにより、開口7aから放出される伝播光を記録媒体121に照射して加熱・記録してもよい。本実施の形態においては、再生に矩形の検出部(図示せず)を有するGMRセンサを使用するため、微小金属体8の外形乃至開口7aの形状をも矩形とすることにより、記録マーク形状とGMRセンサ形状を一致させられるため、再生の解像度を上げることができ、高密度化が可能となる。

【0035】この第7の実施の形態によれば、近接場光10により磁性記録媒体121を加熱することにより保磁力を下げた記録のため、常温において保磁力の高い磁性媒体でも記録でき、記録の熱安定性を増すことができる。この結果、記録磁区の縮小が図れ、高密度化が可能となる。

【0036】図10は、本発明の第8の実施の形態に係るディスク装置を示す。このディスク装置100は、円盤状のプラスチック板120の一方の面にGeSbTeの相変化材料からなる記録媒体121が形成され、図示しないモータによって回転軸30を介して回転する光ディスク12と、光ディスク12の記録媒体121に対し光記録/光再生を行う光ヘッド1と、光ヘッド1をトラック方向31に移動させるリニアモータ32と、リニアモータ32側から光ヘッド1を支持するサスペンション33と、光ヘッド1を駆動する光ヘッド駆動系34

と、光ヘッド1から得られた信号を処理するとともに、光ヘッド駆動系34を制御する信号処理系35とを有する。リニアモータ32は、トラッキング方向31に沿って設けられた一対の固定部32aと、一対の固定部32a上を移動する可動コイル32bとを備える。この可動コイル32bから上記サスペンション33によって光ヘッド1を支持している。

【0037】図11は、光ディスク12の詳細を示す。この光ディスク12は、光ヘッド1によって形成される近接場光10の微小化に対応して高記録密度化を図ったものである。プラスチック板120は、例えば、ポリカーボネート基板等が用いられ、この光ディスク12は、一方の面に、Al反射膜層(100nm厚)121a、SiO<sub>2</sub>層(100nm厚)121b、GeSbTe記録層(15nm厚)121c、SiN層(50nm厚)121dを積層して記録媒体121を形成したものである。本実施の形態では、マーク長は0.05μm、記録密度は130Gbits/inch<sup>2</sup>であり、12cmディスクでは210GBの記録容量に相当し、従来のDVDの4.5倍に高記録密度化できる。

【0038】図12は、本発明の第8の実施の形態に係る光ヘッド1を示す。光ヘッド1は、光ディスク12上を浮上する浮上スライダ36を有し、この浮上スライダ36上に、例えば、AlGaInPからなり、波長630nmのレーザビーム2aを出射する端面発光型の半導体レーザ2と、半導体レーザ2から出射されたレーザビーム2aを平行ビーム2bに整形するコリメータレンズ3と、浮上スライダ36上に取り付けられた熔融石英板からなる座板37Aと、半導体レーザ2およびコリメータレンズ3を座板37A上に固定する熔融石英板からなるホルダ37Bと、半導体レーザ2からの平行ビーム2bと光ディスク12からの反射光とを分離する偏光ビームスプリッタ13と、半導体レーザ2からの平行ビーム2bの直線偏光を円偏光にする1/4波長板38と、平行ビーム2bを垂直方向に反射するミラー4と、ミラー4で反射した平行ビーム2bを収束させる対物レンズ5および上部透明集光用媒体6'と、座板37Aに取り付けられ、光ディスク12からの反射光をビームスプリッタ13を介して入力する光検出器15とを各々配置している。また、全体はヘッドケース39内に収納され、ヘッドケース39は、サスペンション33の先端に固定されている。

【0039】上部透明集光用媒体6'は、例えば、屈折率 $n=1.91$ を有する重フリントガラスからなり、直径1mm、高さ約1.3mmを有し、図1に示す透明集光用媒体6と同様に、Super SIL構造であるが、浮上スライダ36を上部透明集光用媒体6'とほぼ等しい屈折率を有する透明媒体36から構成し、浮上スライダ36の被集光面36aに光スポット9が形成される。すなわち、上部透明集光用媒体6'と浮上スライダ

36とで一体の透明集光媒体を構成する。浮上スライダ36の被集光面36aには、第1あるいは第2の実施の形態と同様に、開口7aを有する遮光体7、および微小金属体8が設けられている。

【0040】浮上スライダ36は、図12(b)に示すように、被集光面36aに形成される光スポット9の周辺部以外の部分に負圧を生じるように溝36bを形成している。スライダ凸部36cにおける正圧とこの溝36bによる負圧とサスペンション33のばね力との作用によって浮上スライダ36と光ディスク12との間隔が、浮上量として一定に保たれる。

【0041】光ヘッド駆動系34は、記録時に、半導体レーザ2の出力光を記録信号により変調することにより、記録媒体121に結晶/アモルファス間の相変化を生じさせ、その間の反射率の違いとして記録し、再生時には、半導体レーザ2の出力光を変調せずに、連続して照射し、記録媒体121での反射率の違いを反射光の変動として光検出器15により検出するようになっている。

【0042】信号処理系35は、光検出器15が検出した光ディスク12からの反射光に基づいてトラッキング制御用の誤差信号およびデータ信号を生成し、誤差信号をハイパスフィルタとローパスフィルタによって高周波域の誤差信号と低周波域の誤差信号を形成し、これらの誤差信号に基づいて光ヘッド駆動系34に対しトラッキング制御を行うものである。ここでは、トラッキング用の誤差信号をサンプルサーボ方式(光ディスク技術、ラジオ技術社、P.95)によって生成するようになっており、このサンプルサーボ方式は、千鳥マーク(Wobble Track)を間欠的にトラック上に設け、それからの反射強度の変動から誤差信号を生成する方式である。サンプルサーボ方式の場合、記録信号とトラッキング誤差信号とは時分割的に分離されているので、両者の分離は再生回路におけるゲート回路によって行う。また、サンプルサーボ方式を用いる場合には、受光面が1つの光検出器を用いることになるので、自己結合効果を有する半導体レーザを光検出器として併用する、いわゆるSCOOP方式と組み合わせるのに好適である。従って、半導体レーザ2の出力側端面に反射防止膜を施し、半導体レーザ2の後端面と、透明集光媒体6の被集光面6b乃至記録媒体とにより半導体レーザ2の共振器を構成することにより、SCOOP型の光検出を行ってもよい。

【0043】次に、上記第8の実施の形態に係るディスク装置100の動作を説明する。光ディスク12は、図示しないモータによって所定の回転速度で回転し、浮上スライダ36は、光ディスク12の回転によって発生する正・負圧とサスペンション33のばね力との作用によって光ディスク12上を浮上走行する。光ヘッド駆動系35による駆動によって半導体レーザ2からレーザビー

ム2aが出射されると、半導体レーザ2からのレーザビーム2aは、コリメータレンズ3により平行ビーム2bに整形された後、偏光ビームスプリッタ13および1/4波長板38を通り、上部透明集光用媒体6'の入射面6'aに入射する。平行ビーム2bは、1/4波長板38を通過する際に、1/4波長板38によって直線偏光から円偏光に変わる。円偏光の平行ビーム2bは、対物レンズ5に収束され、上部透明集光用媒体6'の入射面6'aで屈折して集光され、浮上スライダ36の被集光面36aに集光する。浮上スライダ36の被集光面36aに微小の光スポット9が形成される。この光スポット9下の微小金属体8から光スポット9の光の一部が近接場光10として浮上スライダ36の下面36cの外側に漏れ出し、この近接場光10が光ディスク12の記録媒体121に伝播して記録および再生が行われる。すなわち、近接場光10の照射によって記録媒体121が融点以上に加熱され、アモルファスから結晶へと相変化を引き起こすことによって記録が行われる。一方、記録時より弱い強度の近接場光10を光ディスク12の記録媒体121に照射すると、記録媒体121のアモルファルと結晶とで異なる反射率で反射し、その反射した反射光は、入射光の経路を逆にたどり、上部透明集光用媒体6'の入射面6'aで屈折してミラー4で反射され、1/4波長板38で入射光2aと偏光面を90度異にする直線偏光光に成形された後、偏光ビームスプリッタ13で90度方向に反射され、光検出器15に入射し、再生が行われる。信号処理系35は、光検出器15に入射した光ディスク12からの反射光に基づいてトラッキング制御用の誤差信号およびデータ信号を生成し、誤差信号に基づいて光ヘッド駆動系34に対しトラッキング制御を行う。

【0044】上記第8の実施の形態に係るディスク装置100によれば、上部透明集光用媒体6'の入射面6'aでの最大屈折角が60度となり、NAは0.86が得られる。この結果、スポット径 $D_{1/2}$ 約0.2 $\mu\text{m}$ の微小の光スポット10が得られ、サイズ50nmの遮光体7周囲の近接場光10が光ディスク12の記録媒体121に入射でき、超高密度(180Gbits/inch<sup>2</sup>)の超高密度の光記録/光再生が可能になる。また、サンプルサーボ方式の採用により、記録信号とトラッキング誤差信号とは時分割的に分離されているので、光検出器15としては、分割型のものは必要なく、例えば、1mm角のPINフォトダイオードを用いることができる。光検出器15として分割型である必要がないため、検出系を大幅に簡素・軽量化できる。また、光ヘッド1のサイズは、長さ約8mm、幅約4mm、高さ約6mmであり、自動焦点制御を行わずに記録再生ができるため、自動焦点制御機構が不要となり、光ヘッド1の重量を大幅に減らすことができ、小型化が図れる。光ヘッド1の重量は約0.6g、リニアモータ32の可動コイル

32bの重量等を合わせて可動部全体で約2gであり、トラッキングの周波数帯域は50kHz、利得60以上が得られた。また、偏心を25 $\mu\text{m}$ に抑えたことにより、6,000rpmの回転下において必要精度5nmを満たすトラッキングができる。この場合の平均転送レートは60Mbpsであり、UGAレベルのビデオ信号の記録再生が可能となった。

【0045】なお、光記録媒体としては、凹凸ピットを有する再生専用ディスクや光磁気記録材料や相変化材料を用いた記録・再生用媒体、色素等の光吸収により凹凸ピットを形成して記録を行う追記型媒体等の各種の記録媒体を用いることができる。また、1/4波長板38を使用せず、偏光ビームスプリッタ13の代わりに非偏光性のビームスプリッタを使用することにより、光ディスクに直線偏光のレーザ光を照射してもよい。また、本実施の形態のディスク装置では、光ヘッドとして第1の実施の形態の光ヘッドを使用したか、これに限るものではなく、第3乃至第7の形態の光ヘッドをしようすることができる。また、記録媒体として、Co-Cr-Ta等の面内記録膜や垂直記録膜、TbDyFeCo/TeFeCo等の光磁気記録膜等の磁性記録媒体を使用することにより、第7の実施の形態の光磁気ヘッドを使用し、光アシスト磁気記録を行うディスク装置を構成することができる。また、トラッキング制御用の誤差信号の生成には、上記実施の形態では、サンプルサーボ方式を用いたが、周囲的に記録トラックを蛇行させて、それによる反射光の変調を蛇行周波数に同期させて検出し、誤差信号を生成するウォブルドトラック方式を用いてもよい。また、再生専用ディスクのトラッキングには、CDで行われているように3スポット方式を用いることも可能である。すなわち、コリメータレンズ3と偏光ビームスプリッタ13の間に回折格子を挿入し、かつ、その±一次光それぞれのディスクからの反射光を検出する光検出素子を主ビーム検出用素子の両側に配置し、その出力の差分を取ることで、誤差信号の生成が可能となる。また、本実施の形態の光ヘッド1をそのまま追記型光ディスク(色素の光吸収により凹凸ピットを形成したディスク)への記録および再生に用いることができる。また、浮上スライダ36の下面36cの光スポット9が形成される位置の周辺に薄膜コイルを装着し、磁界変調を行うことにより、光磁気媒体を用いての光磁気記録も可能となる。但し、再生の場合には、光の偏波面の回転を偏光解析によって検出して信号を生成するため、1/4波長板38を取り外し、偏光ビームスプリッタ13を非偏光のスプリッタに変え、光検出素子の手前に検光子を配置する必要がある。また、レーザ源として本実施の形態では、端面発光型レーザを用いたが、面発光型レーザ(VCSL)を用いることも可能である。面発光型レーザの場合、基本モード(TEM00)の最大出力は、3mW程度と端面発光型レーザの1/10以下であるが、本

実施の形態では従来のディスク装置で使用されている光スポット径の数分の1に絞られているため、光密度が1桁以上高くできることから、面発光型半導体レーザーでも記録が可能となる。また、面発光型半導体レーザーの場合、温度による波長変動が小さく、色収差補正を不要にできる。

【0046】図13は、第9の実施の形態に係るディスク装置の光ヘッドの主要部を示す。このディスク装置における光ヘッド1は、浮上スライダ36に透明集光用媒体6を収容する収容孔36dを形成し、透明集光用媒体6をトラッキング方向40に走査させる一対の圧電素子41、41をホルダ42によって浮上スライダ36に設けたものであり、他は第8の実施の形態に係るディスク装置100と同様に構成されている。この透明集光用媒体6は、被集光面6bを有し、光ディスクとの距離調整のため、被集光面6bを下面36bから突出あるいはへこましてもよいが、被集光面6bは、浮上スライダ36の下面36bとほぼ同一平面をなすように配置される。

【0047】一対の圧電素子41、41は、それぞれ図13(c)に示すように、電極端子410、410に接続された複数の電極膜411と、電極膜411間に形成された多層PZT薄膜(厚さ約20 $\mu$ m)412とからなる。この圧電素子41は、上記ホルダ42に被着形成されており、これらの一対の圧電素子41、41により集光用透明媒体6を支えたとともに、光線に対して垂直方向、すなわちトラッキング方向40に走査する。このように一対の圧電素子41、41を用いてプッシュプル型のトラッキング動作をさせることにより、圧電素子が有するヒステリシス効果の影響を避け、時間遅れなしにトラッキングすることが可能となる。なお、変形方向が光軸方向となる圧電素子を用いて集光用透明媒体6を光軸方向に移動させてもよい。

【0048】上記第9の実施の形態に係るディスク装置によれば、透明集光用媒体6の重量は、5mg以下と軽くできるため、透明集光用媒体6を支持する系の共振周波数を300kHz以上にでき、電極端子410、410間への印加電圧5Vで0.5 $\mu$ m以上の変位が得られる。また、この圧電素子41とリニアモータ32による2段制御により、80dBの利得で300kHzの帯域が得られ、高速回転時(3600rpm)下において5nmの精度でトラッキングを行うことができる。これにより、本実施の形態では転送レートを第1の実施の形態のディスク装置100の6倍、すなわち、360Mbpsに上げることができる。また、後述するマルチビームの光ヘッドを使用した場合には、さらに8倍となり、3Gbps近くの転送レートが得られる。また、12cmのディスクにおいて10ms以下の平均シーク速度を達成できる。これにより、3600rpm回転時のアクセス時間は20ms以下となる。

【0049】図14は、本発明の第10の実施の形態に

係るディスク装置を示す。第10の実施の形態では、シーク動作にリニアモータ32を使用したのが、この第8の実施の形態では、ハードディスク装置に使用する回転型リニアモータ43を使用したものである。光ヘッド1は回転軸33aに回転可能に支持されたサスペンション33によって回転型リニアモータ43に接続されている。このような構成とすることにより、回転型リニアモータ43は光ディスク12の外側に配置できるため、光ヘッド1をさらに薄型にでき、ディスク装置100全体を小型化できる。また、これにより、光ディスク12を高速(3600rpm)に回転することができ、平均360Mbps以上のデータ転送レートが可能になる。

【0050】なお、本実施の形態のディスク装置においても、第1乃至第7の実施の形態の光ヘッドが使用できることは言うまでもない。また、本実施の形態においても、1/4波長板38を使用せず、偏光ビームスプリッタ13の代わりに非偏光のビームスプリッタを使用し、直線偏光光を金属媒体7に照射してもよい。

【0051】図15は、本発明の第11の実施の形態に係るディスク装置を示す。このディスク装置100は、図6に示す透明集光用媒体6を用いた光ヘッド1を、5枚重ねのディスクスタック型のディスク装置に適用したものであり、プラスチック基板120の上下面に記録媒体121、121がそれぞれ被着された5枚の光ディスク12と、各光ディスク12の記録媒体121上を浮上走行する10個の光ヘッド1と、回転軸44によって光ヘッド1を回転可能に支持するサスペンション33と、サスペンション33を駆動する回転型リニアモータ45とを有する。記録媒体121としては、相変化型の媒体でも光磁気型の媒体でもよい。回転型リニアモータ45は、サスペンション33が結合された可動片45aと、ヨーク45bによって連結され、可動片45aを駆動する電磁石45c、45cとからなる。この光ヘッド1の構造は、基本的には図7に示すものと同様であり、回転放物面を有する透明集光用媒体6とAlGaInN系のレーザー(630nm)を使用しており、光スポット径は0.2 $\mu$ mである。ディスク径は12cm、トラックピッチとマーク長はそれぞれ0.07 $\mu$ m、0.05 $\mu$ mであり、片面の容量は300GB、両面では600GBである。

【0052】上記第11の実施の形態に係るディスク装置100によれば、5枚の光ディスク12に情報を記録できるので、3TBの大容量化が可能になる。なお、光ヘッド1は、図7、図8に示すものを用いてもよい。これにより、光ヘッド1の高さを1mm以下にでき、ディスク装置の高さを小型化でき、体積容量を上げることができる。

【0053】図16は、本発明の第12の実施の形態に係るディスク装置の主要部を示す。このディスク装置100は、独立駆動可能な複数(例えば、8個)のレーザ

素子を備え、複数のレーザ素子から複数のレーザビーム2aを出射する半導体レーザ2と、半導体レーザ2からのレーザビーム2aを所定の入射ビーム2b'に整形するコリメータレンズ3と、入射ビーム2b'を所定の方向に反射させるミラー4と、ミラー4で反射した入射ビーム2b'を収束させる対物レンズ5と、対物レンズ5により収束された収束光2c'が入射し、被集光面6bに複数の光スポット9を形成する図1と同様の透明集光用媒体6と、透明集光用媒体6の被集光面6bの表面に被着形成された遮光体7と、円盤状のプラスチック板120の一方の面にGeSBTeの相変化材料からなる記録媒体121が形成され、図示しないモータによって回転する光ディスク12と、光ディスク12で反射した光を入射ビーム2b'と分離する偏光ビームスプリッタ13と、ビームスプリッタ13で分離されたレーザビーム2eを集光レンズ14を介して入力する8分割の光検出器15とを有する。

【0054】図17は、半導体レーザ2を示す。半導体レーザ2は、端面発光半導体レーザであり、活性層20a、p型電極20b、n型電極20cを有する。p型電極20bの間隔d1を例えば15 $\mu$ mにすることにより、レーザビーム2aの間隔を15 $\mu$ mにしている。

【0055】図18は、遮光体7および微小金属体8を示す。遮光体7は、レーザビーム2aの数に対応して8個の開口7aを有し、各開口7aの中央には微小金属体8が形成されている。コリメータレンズ3のNAは0.16、透明集光用媒体6でのNAは0.8、レーザビーム2aの間隔d1は15 $\mu$ mであるので、被集光面6bでの光スポット9の間隔、すなわち、開口7a中の微小金属体8の間隔d2は3 $\mu$ mにしている。微小金属体8のアレイ軸方向7bは、各微小金属体8がそれぞれ隣接するトラックの真上に位置するように、光ディスク12のトラックに対してわずかに傾けてある。すなわち、それぞれの隣接各微小金属体8の記録トラックに対する垂直方向の間隔はトラックピッチ（この場合、0.07 $\mu$ m）pに等しくなるように配列されている。微小金属体8のアレイ軸方向とトラック（図略）の傾き角は23ミリラジアンであり、この傾きはレーザアレイではその支持台の傾き、微小金属体アレイでは形成時のフォトリソグラフィによる調整で行う。

【0056】次に、上記第12の実施の形態に係るディスク装置100の動作を説明する。半導体レーザ2から複数のレーザビーム2aが出射されると、半導体レーザ2からの複数のレーザビーム2aは、コリメータレンズ3により所定の入射ビーム2b'に整形された後、偏光ビームスプリッタ13を通り、ミラー4で反射し、対物レンズ5によって収束され、透明集光用媒体6の入射面6aで屈折して集光され、被集光面6bに集光する。被集光面6bに複数の光スポット9が形成される。この複数の光スポット9下の複数の微小金属体8から複数の近

接場光10が透明集光用媒体6の外側にしみ出し、この近接場光10が光ディスク12の記録媒体121に伝播して光記録あるいは光再生が行われる。光ディスク12で反射した反射光は、入射光の経路を逆にたどり、透明集光用媒体6の入射面6aで屈折してミラー4で反射され、偏光ビームスプリッタ13で入射ビーム2b'と分離された後、集光レンズ14により8分割の光検出器15に集光される。

【0057】上記第12の実施の形態に係るディスク装置100によれば、8個の微小金属体8からの8個の独立に変調可能な近接場光10により、独立に8本の記録トラックを同時に記録・再生することができ、記録再生の転送レートを8倍にすることができる。また、微小金属体8のアレイの長さは20 $\mu$ m程度であり、その間のトラックの曲がり角は0.007 $\mu$ mとトラック幅の1/10程度であるので、これによるトラックずれは無視できる。また、複数の微小金属体8を1つのビームスポットで照射し、いずれかの微小金属体8から照射された近接場光を用いると、トラックの周波数帯域を下げるができる。また、端面発光半導体レーザは、図17に示されるように、活性層20aの積層面方向に沿って発光点が形成されるので、半導体レーザの設置する向き、言い換えれば活性層の向きを縦置きするか、横置きするかで照射されるビーム列の方向が変わるので、任意に選択できる。また、単一の発光点を有する端面発光半導体レーザであっても、ビーム形状が活性層の方向によって変形するため、半導体レーザの設置方向を縦置き、あるいは横置きすることで、所望のビーム形状および偏光方向を選択することができる。なお、微小金属体8の数は必ずしも8個に限るものではなく、用途により増減可能である。また、透明集光用媒体6は、他の実施の形態に示すものを用いてもよい。

【0058】図19は、本発明の第13の実施の形態に係るディスク装置の光ヘッドを示す。この光ヘッド1は、図8に示す光ヘッド1を図9に示すディスク装置100に適用したものである。光ヘッド1は、光ディスク12上を浮上する浮上スライダ36を有し、この浮上スライダ36上に、例えば、AlGaInPからなり、波長630nmのレーザビーム2aを出射する端面発光型の半導体レーザ2と、半導体レーザ2から出射されたレーザビーム2aを平行ビーム2bに整形するコリメータレンズ3と、浮上スライダ36上に取り付けられた熔融石英板からなるホルダ37Aと、半導体レーザ2およびコリメータレンズ3をホルダ37A上に固定する熔融石英板からなるホルダ37Bと、半導体レーザ2を圧電素子41を介して支持するホルダ37Cと、半導体レーザ2からの平行ビーム2bと光ディスク12からの反射光とを分離する偏光ビームスプリッタ13と、半導体レーザ2からの平行ビーム2bの直線偏光を円偏光にする1/4波長板38と、平行ビーム2bを垂直方向に反射す

るミラー４と、ミラー４で反射した平行ビーム２ｂを収束させる図８に示す上部透明集光用媒体６”と、上部透明集光用媒体６”の反射面６eに被着形成された反射層１１と、座板３７Ａに取り付けられ、光ディスク１２からの反射光をビームスプリッタ１３を介して入力する光検出器１５とを各々配置している。また、全体はヘッドケース３９内に収納され、ヘッドケース３９は、サスペンション３３の先端に固定されている。浮上スライダ３６の下面３６aには、図８に示したのと同様に、開口７aを有する遮光体７、および微小金属体８が被着形成されている。

【００５９】上記第１３の実施の形態に係るディスク装置１００によれば、浮上スライダ３６の下面３６aに形成された光スポット９から外部に滲み出す近接場光を微小孔７aによって絞っているため、第８の実施の形態のディスク装置１００と同様に超高密度の光記録／光再生が可能になるとともに、光ヘッド１の高さ方向の小型化が図れる。

【００６０】なお、この光ヘッド１を他の実施の形態の示すディスク装置１００に適用してもよい。また、本発明の光ヘッドは、レーザや検出部等の重くなる部分を固定部に置き、可動部には対物レンズと折り返しミラー等の軽量素子のみを乗せる、いわゆる分離型としてもよい。しかし、前述したように本発明の光ヘッドにおいては、透明集光用媒体状に形成する光スポットと微小開口とは、 $0.1\mu\text{m}$ 以下といった高精度の位置合わせを必要とする。このとき、分離型では、光ディスクの上下動や可動部の動き、温度変化によるひずみ等のため、可動部と固定部をこのような精度で合わせるのが、困難な場合がある。したがって、少なくとも発光素子と透明集光用媒体とを同じ筐体中に設置して一体とすることが好ましい。こうすることで、変動、ひずみによる光スポットと微小金属体８の位置ずれを防止することが可能となる。光ディスクに記録された情報を読み出す方式は、実施例に記載したような反射光を検出する方式に限らず、公知のGMR(Giant Magnetic-resistive)センサのように磁気を読み出す方式等に対しても本発明は当然適用できる。また、上述の実施の形態においては、コリメートレンズ、反射鏡、対物レンズ、上部透明集光用媒体といった光学機能を１個の光学要素で構成しているが、複数の光学要素を組み合わせて機能させてもよく、少なくとも、透明集光用媒体の表面上に集光による光スポットが形成され、その位置に微小孔が位置するように遮光膜を設ければよい。また、透明集光用媒体は必ずしも一体形成しなくても良く、複数の部材を接合して形成しても良い。例えば、集光機能を持たせた側の面と浮上スライダの機能を持たせるためには、各面がそれぞれ高い作製精度を要するので、分離して作製し、平坦面同士を接合するなどしてもよい。また開口部内に位置する凸部を、透明集光用媒体と同程度の透明材料を付着させて形

成させることで、本発明の透明集光用媒体として形成してもよい。また、開口の伝播光の透過部分に透明集光用媒体の $1/2$ 乗程度の屈折率を有する膜を設けると、反射防止膜として機能させることも可能になる。例えば、重フリントガラスは屈折率が２程度であるので、屈折率 $1.4$ 程度の膜、例えば $\text{SiO}_2$ 膜等を被着させるとよい。

#### 【００６１】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レーザ光を透明集光用媒体の被集光面上に集光させて微小な光スポットを形成し、その光スポット位置に微小開口を有する遮光体を配置し、微小開口の中央に微小金属体を配置して、微小かつ高強度の近接場光あるいは伝播光を得るようにしたので、光利用効率が高く、記録媒体の高密度、高速の記録・再生が可能となる。また、光利用効率の向上により小型・軽量の光源および光検出器を用いることが可能となるので、光ヘッドの小型化が図れ、データ転送レートの向上が図れる。また、開口より外側に集光された部分のレーザ光は、遮光体によって遮光され、記録媒体に入射しないため、それによる誤記録あるいは誤再生を防止できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図１】（a）は本発明の第１の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図、（b）～（e）は遮光体の形状を示す図である。

【図２】（a）～（d）はプラズモン励起型の遮光体を示す断面図、（e）～（h）は導波型の遮光体を示す断面図である。

【図３】（a）～（d）は第１の実施の形態に係る遮光体の形成方法を示す図である。

【図４】（a）～（d）は本発明の第２の実施の形態に係る光ヘッドの集光部を示す要部断面図である。

【図５】本発明の第３実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図である。

【図６】（a）は本発明の第４実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図、（b）はその底面図である。

【図７】本発明の第５の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図である。

【図８】（a）は本発明の第６の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図、（b）はその遮光体を示す図である。

【図９】（a）は本発明の第７の実施の形態に係る光ヘッドの主要部を示す図、（b）はその主要部底面を示す図である。

【図１０】（a）は本発明の第８の実施の形態に係るディスク装置を示す図、（b）は（a）のA-A断面図である。

【図１１】第８の実施の形態に係る光ディスクの詳細を示す図である。

【図１２】第８の実施の形態に係る光ヘッドを示す図で

ある。

【図13】(a)～(c)は本発明の第9の実施の形態に係るディスク装置の光ヘッドの主要部を示す図である。

【図14】本発明の第10の実施の形態に係るディスク装置を示す図である。

【図15】本発明の第11の実施の形態に係るディスク装置を示す図である。

【図16】本発明の第12の実施の形態に係るディスク装置の主要部を示す図である。

【図17】第12の実施の形態に係る半導体レーザを示す図である。

【図18】第12の実施の形態に係る遮光体を示す図である。

【図19】(a)は本発明の第13の実施の形態に係るディスク装置の光ヘッドの縦断面図、(b)は横断面図である。

【図20】従来のディスク装置を示す図である。

【図21】従来の他のディスク装置を示す図である。

【図22】励起されたプラズモンから近接場光を効率よく発生する方式の一例を示す図である。

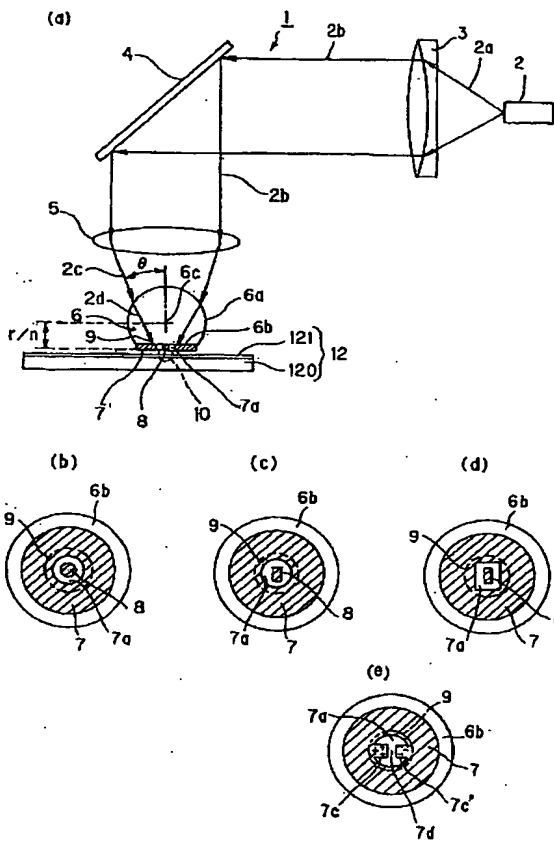
#### 【符号の説明】

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1 光ヘッド                                    | 12 k 反射層              |
| 2 半導体レーザ                                  | 13 ビームスプリッタ           |
| 2 a, 2 b, 2 b', 2 c, 2 c', 2 d～2 g レーザビーム | 14 集光レンズ              |
| 3 コリメータレンズ                                | 15 光検出器               |
| 4 ミラー                                     | 16 遮光体                |
| 5 対物レンズ                                   | 20 a 活性層              |
| 6 透明集光用媒体                                 | 20 b p型電極             |
| 6', 6'' 上部透明集光用媒体                         | 20 c n型電極             |
| 6 a, 6' a 入射面                             | 30 回転軸                |
| 6 b 被集光面                                  | 31 トラッキング方向           |
| 6 c 中心                                    | 32 リニアモータ             |
| 6 e 反射面                                   | 32 a 固定部              |
| 6 d 底面                                    | 32 b 可動コイル            |
| 7 遮光体                                     | 33 サスペンション            |
| 7 a 開口                                    | 33 a 回動軸              |
| 7 b 縁部                                    | 34 光ヘッド駆動系            |
| 7 c, 7 c' 対向縁部                            | 35 信号処理系              |
| 7 d ギャップ                                  | 36 浮上スライダ             |
| 8 微小金属体                                   | 36 a 被集光面             |
| 8 a テーパー面                                 | 36 c 下面               |
| 9 光スポット                                   | 36 b 溝                |
| 10 近接場光                                   | 36 d 收容孔              |
| 11 反射膜                                    | 37 熔融石英板              |
| 12 光ディスク                                  | 38 1/4波長板             |
| 12 h 保護膜                                  | 39 ヘッドケース             |
| 12 i 記録層                                  | 40 トラッキング方向           |
| 12 j 干渉層                                  | 41 圧電素子               |
|   | 42 ホルダ                |
|   | 43, 45 回転型リニアモータ      |
|   | 44 回動軸                |
|   | 45 a 可動片              |
|   | 45 b ヨーク              |
|   | 45 c 電磁石              |
|   | 50 光プローブ              |
|   | 51 光ファイバのコア           |
|   | 52 微小金属体              |
|   | 53 遮光金属膜              |
|   | 54 光ファイバのクラッド         |
|   | 55 レジン                |
|   | 56 光プローブ先端部           |
|   | 57 入射レーザ光             |
|   | 58 近接場光               |
|   | 70 フォトレジスト膜           |
|   | 71 Ti膜                |
|   | 91, 91' 微小金属体         |
|   | 91 a, 91 a' 微小金属体の先端部 |
|   | 92 ギャップ               |
|   | 93 a 入射光              |
|   | 93 b スポット             |
|   | 93 c 入射光の透過した部分       |

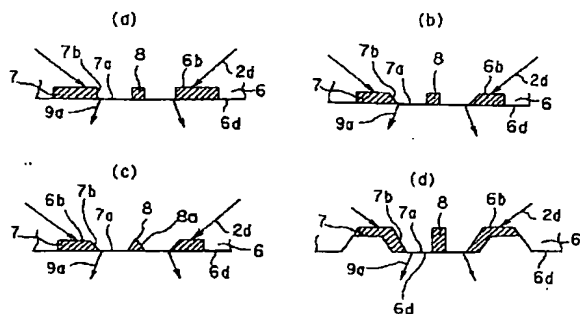
94 偏光方向  
 100 ディスク装置  
 120 プラスチック板  
 121 記録媒体  
 121a Al反射膜層  
 121b SiO<sub>2</sub>層  
 121c GeSbTe記録層  
 121d SiN層

410 電極端子  
 411 電極膜  
 412 多層PZT薄膜  
 d1 レーザビームの間隔  
 d2 微小金属体の間隔  
 p トラックピッチ  
 $\theta$  入射角

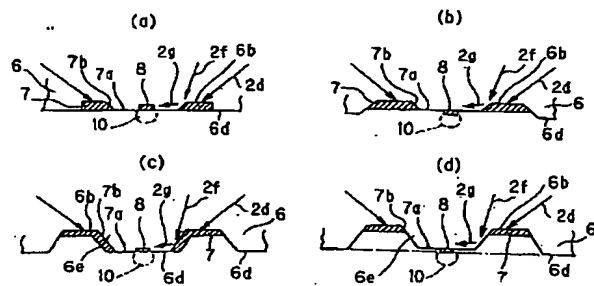
【図1】



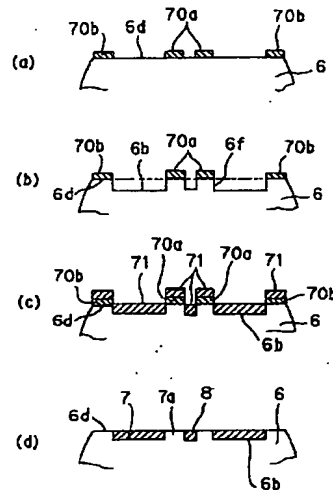
【図4】



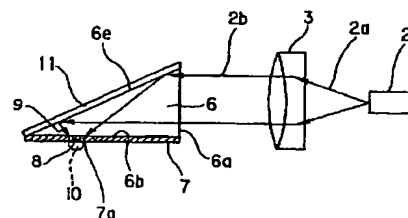
【図2】



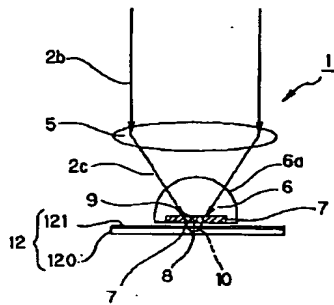
【図3】



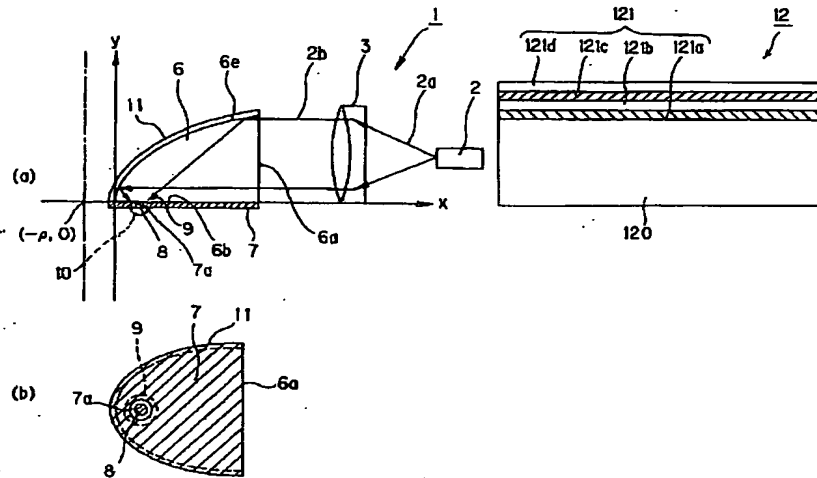
【図7】



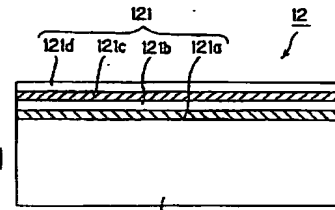
【図5】



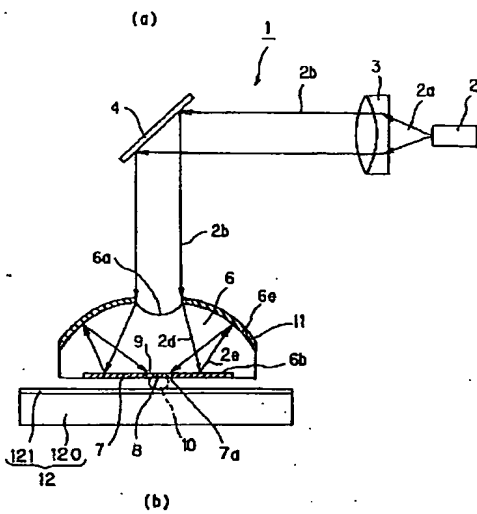
【図6】



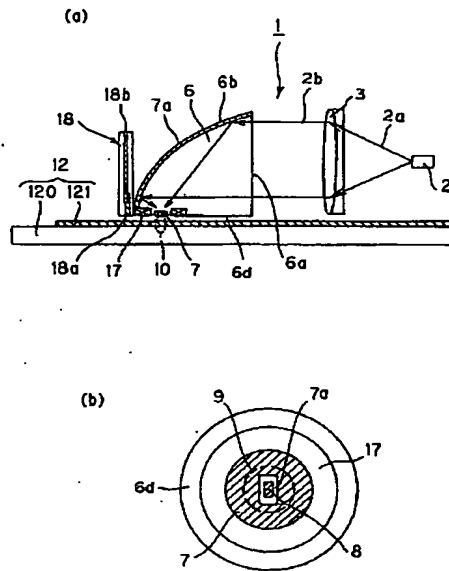
【図11】



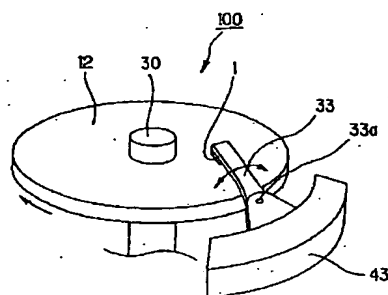
【図8】



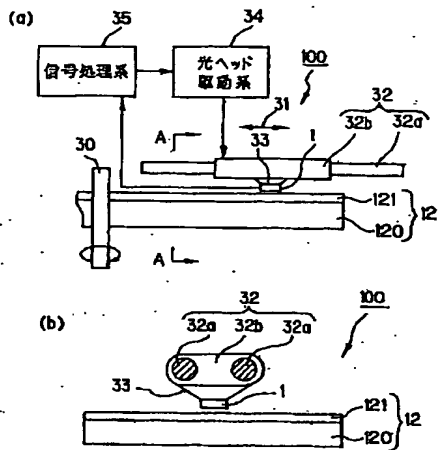
【図9】



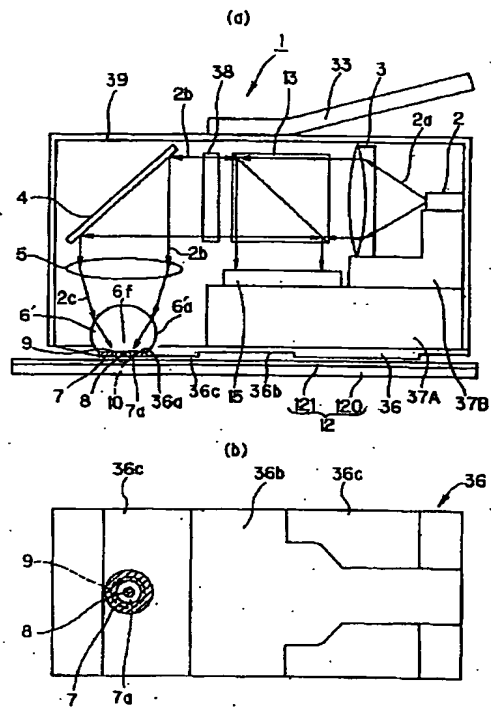
【図14】



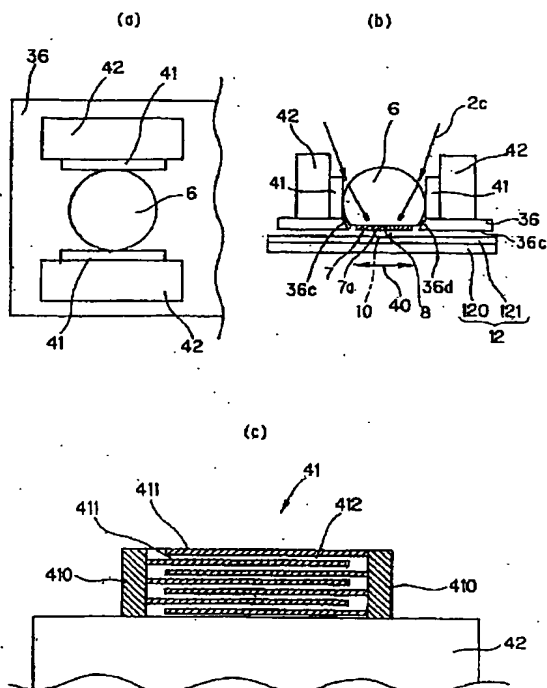
【図10】



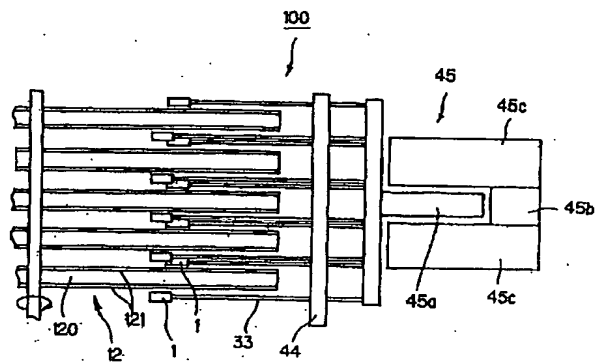
【図12】



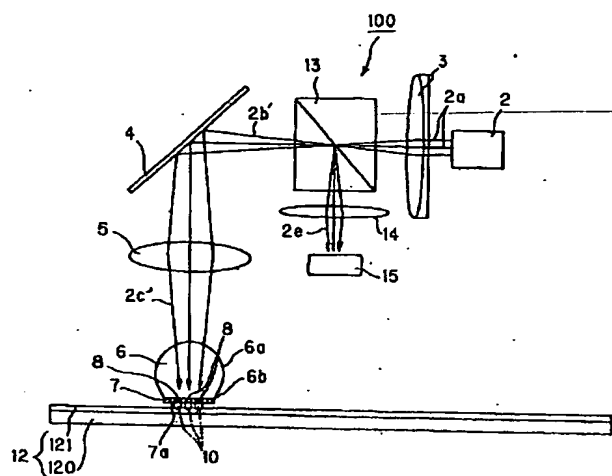
【図13】



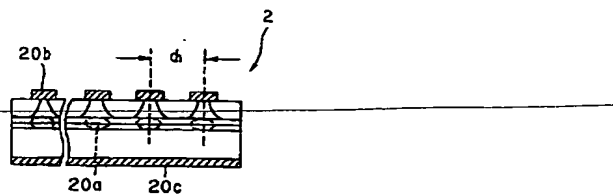
【図15】



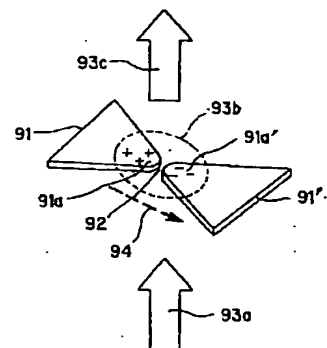
【図 16】



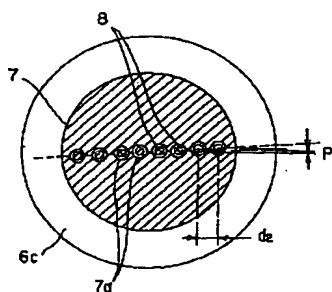
【図 17】



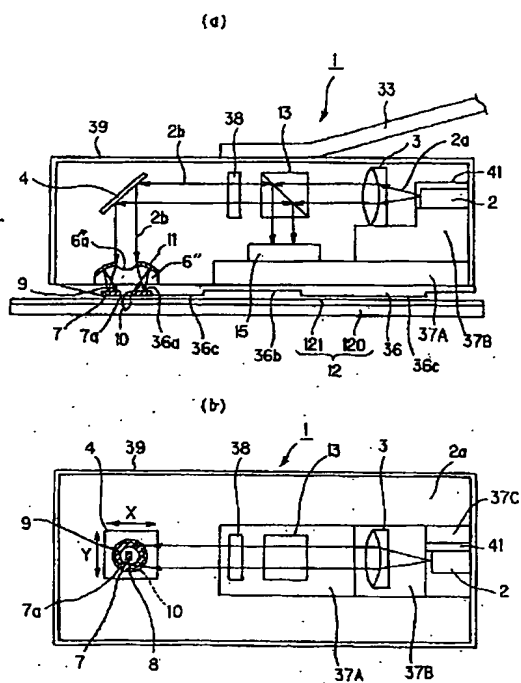
【図 22】



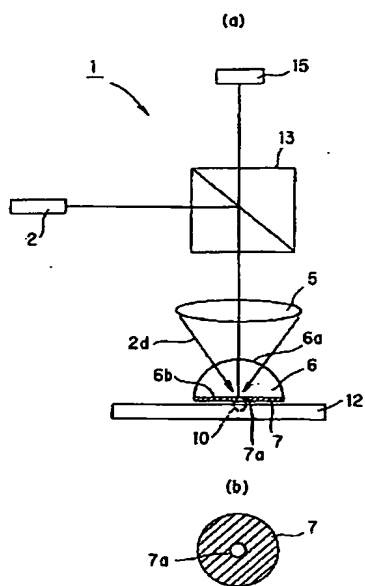
【図 18】



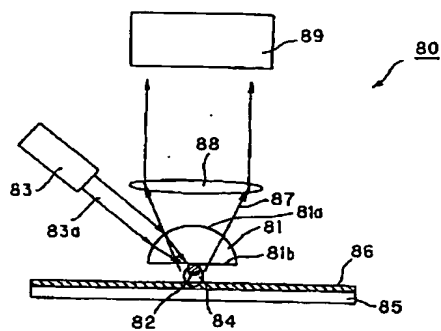
【図 19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 1 1 B 11/105

識別記号

5 5 1

5 6 6

F I

G 1 1 B 11/105

ターコード (参考)

5 5 1 L

5 6 6 C

5 6 6 D

// G 1 1 B 5/02

5/02

S

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**